

令和 4 年 6 月 3 日現在

機関番号：15401

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2021

課題番号：18K13162

研究課題名（和文）数学的方法の活用過程に関する新しい研究方法論の開発研究：計量言語学の視点から

研究課題名（英文）Developmental research on a new research methodology for application processes of mathematical method: From a perspective of computational linguistics

研究代表者

上ヶ谷 友佑 (Uegatani, Yusuke)

広島大学・附属福山中学校・教諭

研究者番号：80813071

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：数学的方法の活用に注目した事例研究がこれまで多数試みられてきたが、事例研究に依存した研究方法論上の問題により、現状では、独立した研究グループによる追試の報告を実施する難しい。そのため、十分な再現性を伴う知見が得られていない状況である。そこで本研究の目的は、探索的な授業実践を繰り返し実施する中で、コンピュータを使った自然言語処理分析を応用した第三者が追試可能な新しい研究方法論を開発することである。研究成果としては、推論主義と呼ばれる哲学に基づいて計量テキスト分析の結果を分析することができるという結論を得た。また、授業実践から、今後の数学教育へ向けた副次的な示唆を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義は、事例研究に過度に依存する教育実践研究の実態に一石を投じ、客観的に累積可能な新しい研究方法論のための理論的基盤を提案したことである。これにより、複数の事例を同じ視点から統合的に分析することができるようになり、これまで常識とされていたことが本当に成り立つのかをきちんと検証したり、逆に想定もしていなかったような現象の存在を指摘することができたりするようになった。社会的意義としては、数学の授業を学校で実施する上で何に注意しながら実施すべきかについての示唆が引き出せるようになった。

研究成果の概要（英文）：Although there are many case studies for revealing the mechanism of students' use of mathematical methods, it is difficult for independent research groups to conduct replication studies due to methodological issues. For this reason, we do not have sufficient reproducibility of such case studies. The purpose of this study is to develop a new research methodology for replication studies based on computational text analysis through explorative mathematics classroom practices. As a result, we conclude that a philosophy of inferentialism can be a theoretical perspective for analyzing results of computational text analysis of students' texts. In addition, we draw implications for future mathematics education.

研究分野：数学教育

キーワード：数学教育 推論主義 計量テキスト分析 研究方法論

1. 研究開始当初の背景

数学教育研究では、「真正な学習」、すなわち、「学校外や将来の生活で遭遇する本物の、あるいは、本物のエッセンスを保持した活動」(石井, 2015, p. 13) を実現する 1 つの方法として、モデル化や証明法、問題解決法など、数学的方法の活用が注目されている (例えば, Simon, 2016)。実践的にも、学習者が数学的方法を活用する様子を捉えた事例研究も積み重ねられてきている。

数学教育の研究方法論において、特定の条件を満たす学習者の存在を示す事例研究は、次の研究を創造する発見的意義があると言われてきた (Schoenfeld, 2008)。しかしながら、近年、数学的方法に着目して学習者を分析する事例研究が、学習者の実態把握に失敗する可能性が指摘されている。例えば、ある学習者が証明を正しく書けない理由は、「証明という数学的方法が難しいから」であるとは限らない。「証明の内容が難しいから」である可能性がある (Dawkins & Karunakaran, 2016)。つまり、授業設計において数学的方法へ着目することは有効であり得るが、分析の枠組みとして数学的方法に着目することには、慎重さが求められている。こうした事情もあり、学習者が数学的方法を活用した場面の事例報告に対して、独立した研究グループによるその場面の再現性の報告は稀である。このような事態は、事例研究から得られた知見を反証する方法が曖昧であることに起因している。この問題は、古くから知られていたが、その解消方法に関しては、ごく最近になってようやく議論され始めたばかりである (Benedicto, Gutiérrez, & Jaime, 2017)。こうした研究方法論上の問題から、現在までのところ、学習者の数学的方法の活用をどのように促進するかについて、十分な再現性を伴う知見が得られていない。

2. 研究の目的

申請者は、従前の質的研究方法論に代わる、より客観的な仮説検証の方法として、計量テキスト分析を用いた新しい教授実験の研究方法論に関するアイデアを有している。そこで本研究の目的は、数学的活動の組織方法に関する仮説を検証できるようにするために、新しい教授実験の研究方法論の開発である。

3. 研究の方法

科学哲学的観点から従前の事例分析の方法を反省し、新しい事例分析のための理論的枠組を構築・提案し、有効性を検証する。そのために、数学の授業実践のビデオ記録を複数累積させ、何をどういう観点で分析すべきかについて検討をする。授業実践は、理論的枠組を構築するための情報源に用いると同時に、個別の授業から理論的・実践的な示唆が得られるならば、それについても報告をする。

4. 研究成果

総合的に述べるならば、「推論主義」と呼ばれる新しい哲学が示唆する学習観が、本研究の目指す、計量テキスト分析を用いた新しい研究方法論を活用するための理論的枠組として有効であることが明らかとなった。例えば、計量テキスト分析に関連する業績としては、Uegatani, Ishibashi, Hattori (2021)、計量テキスト分析と同じ考え方で対話記録を分析した試みについては、Uegatani, Nakawa, & Kosaka (2021)、推論主義の学習観については、Uegatani & Otani (2021) に詳しい。以下、その経緯として、計量テキスト分析の観点からの研究成果と、推論主義の観点からの研究成果について、それぞれ概要を述べ、最後に総合的成果を論じる。

(1) 計量テキスト分析の観点からの研究成果

- 真正性のバランスに関する問題提起を踏まえ、授業中における数学の用語以外の言葉の表出を計量することによって、学習者の真正性が評価できる可能性を検討した。計量テキスト分析による中学 2 年性の証明観の分析から、証明観の発達には「問題の難しさ」や「既知のアイデアの活用」といった、「証明」という考え方それ自体とは直接関係のない学習上の要素が関係している可能性を指摘した。また、計量テキスト分析を通じて、中学 2 年生が証明学習において楽しいと感じたことに「試験」が関係している点を明らかにし、計量的分析のサポートによって新しい反省の視点を得ることができる点を指摘した。
- 高校 1 年生のインタビュー中の発言を主語と動詞の組み合わせに着目して分類・整理し、生徒達のコロナ禍での休校期間中の数学学習に関するアイデンティティの変遷を分析した。
- これらの研究成果から、計量テキスト分析ならば、同じ手続きによって繰り返し多様な被験者からデータを収集することで、原理的にはサンプル数をいくらでも増やすことができる。定性的な分析のみに依存する場合と比べ、この点は研究方法論上の大きなアドバンテージとなることが示された。

(2) 推論主義の観点からの研究成果

- 具体的には、推論主義の理論的枠組に基づき、中学校数学の授業場面における生徒達の推論が非単調であることを事例的に示した。生徒達のこうした傾向を授業実践を通じて見出した。
- 推論主義にとって、概念とは社会的規範であり、表現の使用を通じて明示化されることで概念化は進展する。こうした研究成果から、推論主義が主張するように、適切な概念理解を適切な概念使用の前提条件とみなさず、適切な概念使用を適切な概念理解の前提条件と見なすべきである。そして、そうであるならば、適切な概念理解を達成するためには適切な言語指導が重要な役割を果たすという新しい学習観が見えてくるのが明らかとなった。
- 推論主義の学習観は、個人の思考過程ではなく、社会における表現過程に重きを置く学習観である。また、推論主義のこの学習観は、計量テキスト分析の考え方と極めて親和的である。まず、どちらの考え方も、人々がある程度の文法に則った表現を使用しているという構文論を前提にする。次に、どちらも、演繹か帰納かという推論の形式の観点ではなく、社会的に実際に使われているかどうかという語用論的観点で推論のよしあしを判断する。そして、どちらも、その語用論的観点から単語使用の状況を見極め、意味論的な知見を引き出そうとする。したがって、計量テキスト分析の結果は、そのまま推論主義の学習観の下で解釈することができる。

(3) 総合的成果

数学の授業実践のビデオ記録を複数累積させることで、推論主義の学習観と計量テキスト分析の親和性について解明することができた。この点については、上ヶ谷友佑 (2022) で詳細を論じた。また、各々の数学の授業実践から、実践への示唆を引き出すこともできた。

<引用文献>

- Benedicto, C., Gutiérrez, A., & Jaime, A. (2017). When the Theoretical Model does not fit our Data: A Process of Adaptation of the Cognitive Demand Model. *Presented at the the 10th Congress of the European Society for Research in Mathematics Education*, Dublin, Ireland.
- Dawkins, P. C., & Karunakaran, S. S. (2016). Why research on proof-oriented mathematical behavior should attend to the role of particular mathematical content. *The Journal of Mathematical Behavior*, 44, 65-75.
- 石井英真 (2015). 今求められる学力と学びとは：コンピテンシー・ベースのカリキュラムの光と影。日本標準。
- Sánchez Gómez, P. J. (2014). Methodological Issues of Second-order Model Building. *Constructivist Foundations*, 9(3), 344-346.
- Schoenfeld, A. H. (2008). Research Methods in (Mathematics) Education. In L. English (Ed.), *Handbook of international research in mathematics education* (2nd ed., pp. 467-519). New York: Routledge.
- Simon, M. A. (2016). An Approach to the Design of Mathematical Task Sequences: Conceptual Learning as Abstraction. *PNA*, 10(4), 270-279.
- Steffe, L. P., & Thompson, P. W. (2000). Teaching experiment methodology: Underlying principles and essential elements. In R. Lesh & A. E. Kelly (Eds.), *Handbook of Research Design in Mathematics and Science Education* (pp. 267-306). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- 上ヶ谷友佑 (2022). 「計量テキスト分析と推論主義の数学教育研究への応用可能性：理論的研究・実践的研究から得られる方法論的示唆」。広島大学附属福山中・高等学校『中等教育研究紀要』, 62, 136-141.
- Uegatani, Y., Ishibashi, I., & Hattori, Y. (2021). Japanese use of probabilistic language about diagnosis tests for COVID-19: An analysis of Twitter data. *Philosophy of Mathematics Education Journal*, 37. <http://socialsciences.exeter.ac.uk/education/research/centres/stem/publications/pmej/pome37/index.html>
- Uegatani, Y., Nakawa, N., & Kosaka, M. (2021). Changes to tenth-grade Japanese students' identities in mathematics learning during the COVID-19 pandemic. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 16(2), em0638. <https://doi.org/10.29333/iejme/10905>
- Uegatani, Y., & Otani, H. (2021). A new ontology of reasons for inferentialism: Redefining the notion of conceptualization and proposing an observer effect on assessment. *Mathematics Education Research Journal*, 33, 183-199. <https://doi.org/10.1007/s13394-019-00289-8>

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Uegatani, Y., Ishibashi, I., & Hattori, Y.	4. 巻 -
2. 論文標題 Japanese use of probabilistic language about diagnosis tests for COVID-19: an analysis of Twitter data	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Philosophy of Mathematics Education Journal	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Uegatani, Y., Nakawa, N., & Kosaka, M.	4. 巻 -
2. 論文標題 Changes to tenth-grade Japanese students' identities in mathematics learning during the COVID-19 pandemic	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Electronic Journal of Mathematics Education	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 服部 裕一郎、上ヶ谷 友佑	4. 巻 44
2. 論文標題 数学的活動を真正にするためのユーモアの認知的役割 多角形の内角の和の求め方の拡張に注目して	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 科学教育研究	6. 最初と最後の頁 261 ~ 270
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14935/jssej.44.261	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Yusuke Uegatani, Hiroki Otani	4. 巻 -
2. 論文標題 A new ontology of reasons for inferentialism: redefining the notion of conceptualization and proposing an observer effect on assessment	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Mathematics Education Research Journal	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s13394-019-00289-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 上ヶ谷友佑・大谷洋貴	4. 巻 43(2)
2. 論文標題 創造的で洞察に富んだプロセスとしての教科教育研究 国際的な数学教育研究観の変遷から見る新しい学問領域観の提案	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本教科教育学会誌	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 石橋一昂・上ヶ谷友佑	4. 巻 43(4)
2. 論文標題 数学的モデル化の観点から見た学習者の解の吟味を支援する教材の条件：方程式の文章題を中学2年生が解決する過程の分析を通じて	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本科学教育学会誌『科学教育研究』	6. 最初と最後の頁 333-344
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 大谷洋貴・上ヶ谷友佑	4. 巻 25(2)
2. 論文標題 教科書における統計的問題の推論主義的分析 中学校第1学年に焦点を当てて	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 全国数学教育学会誌『数学教育学研究』	6. 最初と最後の頁 27-36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 上ヶ谷友佑	4. 巻 42(1)
2. 論文標題 数学的活動における2つの存在論的問題 クワインの存在論から見た認識論的アプローチと社会・文化的アプローチの対比	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本教科教育学会誌	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 上ヶ谷友佑・大谷洋貴	4. 巻 25(1)
2. 論文標題 数学教育における推論主義の可能性 学力調査で求められる実践的知識としての統計的概念に関する批判的考察	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 全国数学教育学会誌『数学教育学研究』	6. 最初と最後の頁 67-76
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計20件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 Nakawa, N., Uegatani, Y., Otani, H., and Fukuda, H.
2. 発表標題 Young Japanese Children's Subjectification and Objectification through the Lense of Joint Labor
3. 学会等名 The International Group for the Psychology of Mathematics Education (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 上ヶ谷友佑・大谷洋貴
2. 発表標題 Brandom の推論主義と Skovsmose の意味の志向性 数学教育研究における志向性解釈についての理論的検討
3. 学会等名 全国数学教育学会. 第52回研究発表会.
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大谷洋貴・上ヶ谷友佑
2. 発表標題 尤度と確率：推論主義から得られる言語指導の必要性について
3. 学会等名 日本数学教育学会 第52回秋期研究大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Uegatani, Y. & Otani, H.
2. 発表標題 Inferentialist ethics for analyzing mathematical interactions in the age of artificial intelligence
3. 学会等名 日本数学教育学会 第52回秋期研究大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Uegatani, Y. & Otani, H.
2. 発表標題 An impact of inferentialism on mathematics lessons.
3. 学会等名 全国数学教育学会 第51回研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Uegatani, Y. & Hattori, Y.
2. 発表標題 Authenticity in mathematics lessons from a computational linguistics perspective
3. 学会等名 全国数学教育学会 第51回研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大谷洋貴・上ヶ谷友佑
2. 発表標題 数学学習のまとめに関する推論主義的考察
3. 学会等名 全国数学教育学会 第51回研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上ヶ谷友佑・大谷洋貴
2. 発表標題 推論主義と計量言語学に基づく混合研究法の可能性 数学学習における「試験」の肯定的役割のサンプル分析
3. 学会等名 日本科学教育学会 第43回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 服部裕一郎・上ヶ谷友佑
2. 発表標題 数学的活動を真正にするためのユーモアの役割
3. 学会等名 2019年度第3回日本科学教育学会研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 服部裕一郎・上ヶ谷友佑
2. 発表標題 学習者にとっての問題文脈の親和的潜在性 数学教育における真正性の度合いの観点から
3. 学会等名 日本科学教育学会 第43回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Uegatani, Y. & Otani, H.
2. 発表標題 Potential positive roles of “exams” in mathematical learning
3. 学会等名 2019年度第3回日本科学教育学会研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ishibashi, I., & Uegatani, Y.
2. 発表標題 Creation of possible fictional worlds as a process of validation in mathematical word problem-solving and mathematical modeling activities
3. 学会等名 2019年度第3回日本科学教育学会研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上ヶ谷友佑・大谷洋貴
2. 発表標題 推論主義と計量言語学の邂逅 中学2年生の証明観のサンプル分析
3. 学会等名 全国数学教育学会. 第49回研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大谷洋貴・上ヶ谷友佑
2. 発表標題 教科書における統計的問題の推論主義的分析
3. 学会等名 全国数学教育学会. 第49回研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上ヶ谷友佑・大谷洋貴
2. 発表標題 概念発達のウェブモデル：推論主義に基づく中学1年生の対話分析からの示唆
3. 学会等名 日本数学教育学会. 第51回秋期研究大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大谷洋貴・上ヶ谷友佑
2. 発表標題 推論主義を視点とした統計単元の特徴：教科書の問いの分析を通して
3. 学会等名 日本数学教育学会. 第51回秋期研究大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上ヶ谷友佑・大谷洋貴
2. 発表標題 日本の数学教育における推論主義の可能性
3. 学会等名 全国数学教育学会. 第48回研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上ヶ谷友佑・大谷洋貴
2. 発表標題 学習者にとって何が本当に「困難」なのか？ 中学2年生の代数的操作に関する「擬困難性」の推論主義的分析
3. 学会等名 日本科学教育学会 第3回日本科学教育学会研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大谷洋貴・上ヶ谷友佑
2. 発表標題 統計的問題解決において文脈はどのように考慮されるのか？ 大学生の反応の推論主義的分析
3. 学会等名 日本科学教育学会 第3回日本科学教育学会研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石橋一昂・上ヶ谷友佑
2. 発表標題 数学的モデル化の観点から見た学習者の解の吟味を支援する教材の条件 - 方程式の文章題を中学2年生が解決する過程の分析を通じて -
3. 学会等名 日本科学教育学会 第3回日本科学教育学会研究会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

研究者個人のWebページ https://home.hiroshima-u.ac.jp/yuegatani/ Researchmapの個人ページ https://researchmap.jp/yuegatani

6. 研究組織		
氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------